

KAJI EKSPERIMENTAL TORSI STATIK DAN TORSI DINAMIK TURBIN HIDROKINETIK SAVONIUS *TYPE BACH* TIGA SUDU DUA TINGKAT

Agung Sitompul¹, Iwan Kurniawan²

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
¹agungtompul@gmail.com, ²iwan.ktm@gmail.com

Abstract

Throughout human history major advances in culture have always been followed by increasing energy consumption. Hydrokinetic energy can be used in savonius turbines, with the density of water greater than the density of air, the Savonius hydrokinetic turbine can extract sufficient kinetic energy even at low water flow rates. The purpose of this study is to determine the static torque and dynamic torque generated from the two-level savonius turbines type bach. The hydrokinetic turbines were studied three stages savonius type of bach turbines with varying first and second levels (15 cm: 15 cm; 17 cm: 13 cm; and 20 cm: 10 cm) at the same of total turbines height. The aspect ratio of dimensions were 1.1, 0.2 of overlap ratio, rotor height of (H) 0.3 m, rotor diameter of (D) 0.33 m, turbine diameter of (d) 0.3 m, and with variations in water flow velocity of (V) 0.3 m / s and 0.65 m / s in the water tunnel. Both of these torsions were obtained in stationary conditions (static torque) for each azimuth angle and moving conditions (dynamic torque) of no load and until they stop rotating by utilizing the braking force on a pulley with variations in loading. Based on the data obtained, the results of bach savonius type turbine research produce the largest dynamic torque of 0.42 Nm and static torque of 0.528 Nm in variations of 15 cm: 15 cm.

Keywords : Savonius Turbine, Static Torque, Dynamic Torque

1. Pendahuluan

Sepanjang sejarah manusia kemajuan-kemajuan besar dalam kebudayaan selalu diikuti oleh meningkatnya konsumsi energi (L.D.Marizka. 2010). Untuk mengatasi ketergantungan terhadap energi fosil, maka perlu dilakukan konversi, konservasi, dan pengembangan sumber-sumber energi baru terbarukan.

Pemanfaatan Turbin Hidrokinetik sebagai pengkonversi energi dioptimalkan untuk dapat mengekstrak energi kinetik arus air laut dan sungai menjadi energi listrik (Lubis and Yuningsih. 2013). Jenis turbin hidrokinetik mengadopsi desain dari *wind turbine* jenis *horizontal axis* dan *vertical axis*. Turbin *vertical axis* cocok jika digunakan untuk perairan Indonesia karena pada kecepatan aliran yang dimiliki pada kriteria sedang (*low speed*). (N.K.Sarma, 2014) melakukan penelitian eksperiment terhadap turbin savonius hidrokinetik *type elliptical* tiga sudu, dari hasil penelitian menyimpulkan bahwa turbin savonius hidrokinetik dapat berputar pada kecepatan aliran air 0,3 m/s.

Keunggulan dari turbin Savonius yaitu dapat beroperasi dengan baik pada kecepatan aliran air rendah. Secara umum kinerja turbin savonius dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu pengaruh aspek rasio, end plate, variasi jumlah sudu, jarak tumpang tindih sudu *blade*, pengaruh bentuk *blade*, interperensi poros dan aksesoris.

(U.K.Saha, 2005) melakukan penelitian eksperimen dari beberapa jenis *blade* Savonius *Wind Turbine* dua *blade*, yaitu turbin Savonius *type semi-circular*, *type semi-elptic*, *type benesh* dan *type bach*.

Dari hasil penelitian turbin Savonius *type bach* menghasilkan koefisien daya dan koefisien torsi yang lebih tinggi dari beberapa tipe tersebut. Prinsip kerja Savonius rotor didasarkan pada perbedaan gaya *drag* antara bagian cekung dan cembung dari *blade* ketika berputar di sekitar poros vertikal. koefisien *drag* untuk permukaan cekung lebih besar dari permukaan cembung. Energi hidrokinetik juga dapat digunakan pada turbin savonius, dengan massa jenis fluida air lebih besar daripada massa jenis udara maka turbin Savonius hidrokinetik dapat mengekstrak energi kinetik yang cukup bahkan pada kecepatan aliran air yang rendah.

Dari latar belakang di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian terhadap turbin Savonius *Type bach*, dimana penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitan yang dilakukan U.K. Saha. Perbedaan terletak pada dimensi yang divariasikan antara tingkat satu dan dua tingkat. Penelitian ini ingin memperlihatkan apakah torsi statik dan dinamik satu tingkat lebih besar dibandingkan dengan turbin dua tingkat yang mempunyai dimensi sama. Serta fluida yang digunakan adalah air dengan pemanfaatan tenaga pompa sebagai penggerak air tersebut agar menghasilkan aliran untuk menghasilkan torsi yang diinginkan.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui torsi statik dan torsi dinamik yang dihasilkan dari turbin savonius *type bach* tiga sudu dua tingkat dan membandingkannya dengan turbin satu tingkat. Turbin hidrokinetik yang diteliti adalah turbin savonius *type bach* tiga sudu dengan *aspect ratio* adalah 1,1, *overlap ratio* 0,2, tinggi rotor (H) 0,3 m, diameter rotor (D) 0,33 m, diameter turbin (d) 0,3 m,

dan dengan variasi kecepatan aliran air (V) 0,34 m/s dan 0,51 m/s didalam *water tunnel*.

Kedua torsi tersebut didapatkan dalam kondisi diam (torsi statik) untuk setiap sudut azimuthnya dan kondisi bergerak (Torsi dinamik) dari tanpa beban dan hingga berhenti berputar. Dengan memanfaatkan gaya pengereman pada *pulley* dengan variasi pembebanan.

2. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Hal ini dilakukan untuk pengujian kinerja dari turbin hidrokinetik Savonius *type bach*.

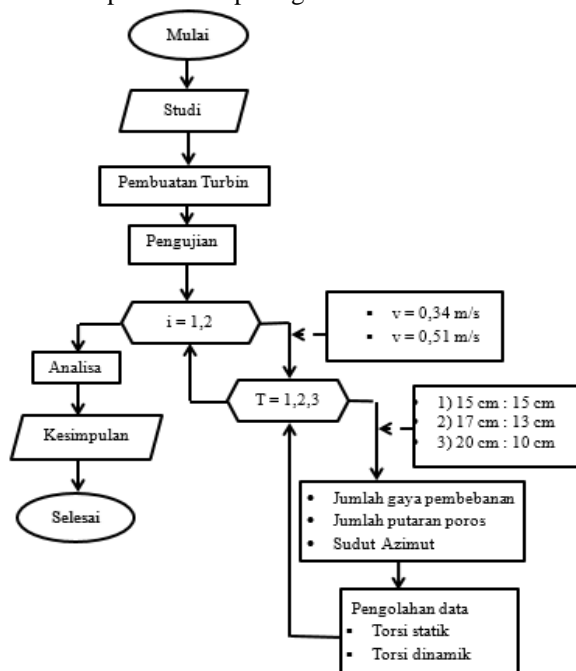
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui torsi statik dan torsi dinamik dari turbin hidrokinetik Savonius *type bach* tiga sudu dua tingkat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi kecepatan aliran air antara 0,34 m/s s.d. 0,51 m/s dan variasi penambahan beban dalam proses pengujian.

Tabel 1. Variasi Penelitian

Variasi Turbin	Tingkat Pertama (cm)	Tingkat Kedua (cm)
1	15	15
2	13	17
3	10	20

2.1 Diagram Alir Penelitian

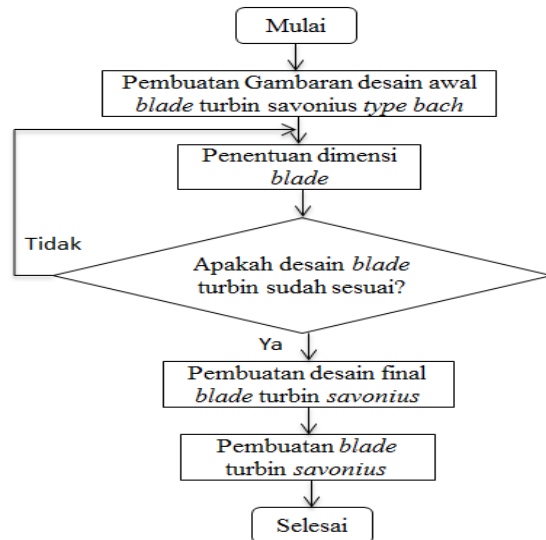
Dalam pelaksanaan penelitian dengan judul “Kaji Eksperimental Torsi Statik Dan Torsi Dinamik Hidrokinetik Turbin Savonius *Type bach* Tiga Sudu dua tingkat” menggunakan diagram alir sebagai acuan. diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Digram Alir Kaji Eksperimental Torsi Statik Dan Tors Dinamik Turbin Hidrokinetik Savonius *Type bach* Tiga Sudu Dua Tingkat

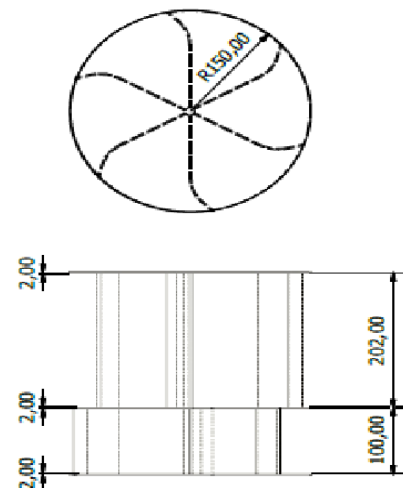
2.2 Pembuatan Alat

Dalam pelaksanaan pembuatan turbin Savonius *type bach* untuk penelitian dengan judul “Kaji Eksperimental Torsi Statik Dan Torsi Dinamik Turbin Hidrokinetik Savonius *Type bach* Tiga Sudu dua tingkat” menggunakan diagram alir sebagai acuan dalam pembuatan turbin Savonius ini. Diagram alir pembuatan turbin Savonius diperlihatkan pada gambar 2.

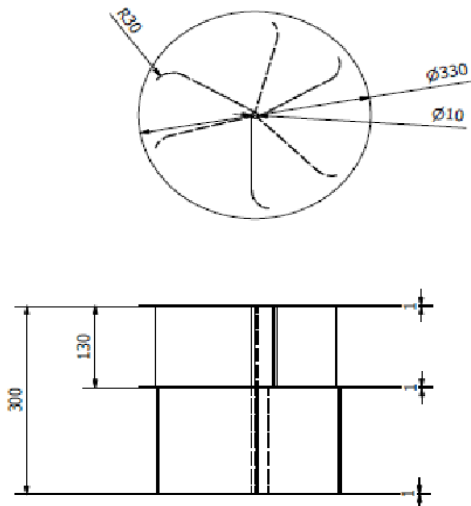


Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Turbin Savonius

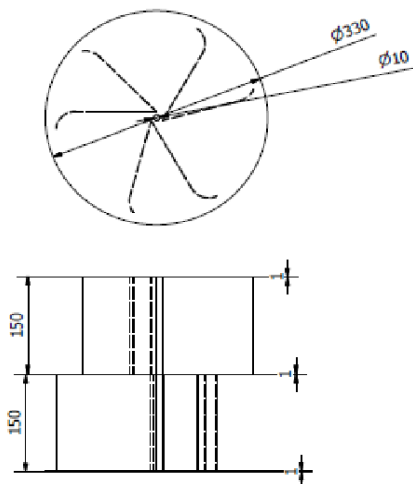
Bentuk *blade* yang akan di buat pada dasarnya berdasarkan bentuk *blade* yang terdapat didalam jurnal (U.K saha. 2015) dengan judul “*Wind Tunnel Eksperiments Of A New Developed Two-Blade Savonius Style Wind Turbine*”. Namun yang membedakannya terletak pada jumlah *blade*, sudut dan diameter lengkungan *blade* turbin. Rancangan desain *blade* turbin savonius dapat di lihat pada gambar 3, 4 dan 5



Gambar 3. Rancangan Desain *Blade* Turbin Savonius *Type bach* Tiga Sudu Dua Tingkat (20 cm : 10 cm)



Gambar 4. Rancangan Desain *Blade* Turbin Savonius *Type bach* Tiga Sudu Dua Tingkat (17 cm : 13 cm)



Gambar 5. Rancangan Desain *Blade* Turbin Savonius *Type bach* Tiga Sudu Dua Tingkat (15 cm : 15 cm)

- Debit air yaitu $11,53 \text{ L/s}$ dan $14,4 \text{ L/s}$
- Kecepatan air yaitu $0,34 \text{ m/s}$ dan $0,51 \text{ m/s}$
- Variasi sudut pada pengujian torsi statik yaitu 0° sampai 360°

a. Variabel Terikat

Variabel terikat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut (L.D.Mariska. 2010) :

- Kecepatan sudut (ω)

$$\omega = \frac{2\pi n}{60 \text{ detik}}$$

Dimana:

ω = kecepatan sudut (rad/sekon)

n = jumlah rotasi per menit (Rpm)

- *Tip Speed Ratio* (TSR)

$$\lambda = (\omega \cdot R) / V$$

Dimana:

λ = *Tip Speed Ratio*

ω = kecepatan sudut (rad/s)

R = jari-jari rotor turbin Savonius (m)

V = laju aliran air (m/s)

- Torsi

$$\tau = F \cdot r_p$$

Dimana :

τ : Torsi (N.m)

F : Gaya sentrifugal dari poros yang berputar (N)

r_p : Jari-jari *pulley* (m)

- Koefisien Torsi

$$C\tau = \frac{4\tau}{\frac{1}{2}\rho \cdot v^2 \cdot D^2 H}$$

Keterangan :

A = luas area depan rotor turbin (m^2)

τ = torsi

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

v = laju aliran air (m/s)

D = diameter rotor turbin

H = panjang / tinggi rotor (m)

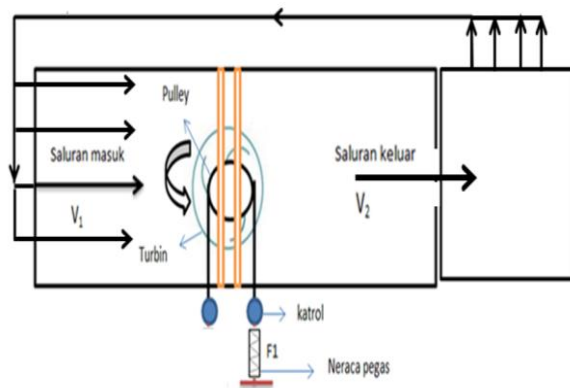
Untuk spesifikasi turbin dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Turbin hidrokinetik Savonius *type bach*

No	Spesifikasi	Nilai
1	Bahan <i>blade</i>	Aluminium
2	Tinggi <i>blade</i>	300 mm
3	Lebar <i>blade</i>	150 mm
4	Diameter end plate	330 mm
5	Ketebalan <i>blade</i>	1 mm

2.3 Sketsa Pengujian Alat

Pengujian turbin Savonius ini akan dilakukan dengan menggunakan sebuah wadah penampungan air (*Water tunnel*), turbin Savonius di tempatkan kedalam sebuah *water tunnel* kemudian dibutuhkan sirkulasi air yang mengalir untuk menggerakkan turbin maka dibutuhkan empat pompa untuk mensirkulasikan air sehingga turbin dapat bergerak. Gambar sketsa pengujian turbin Savonius dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Sketsa Pengujian Turbin Savonius

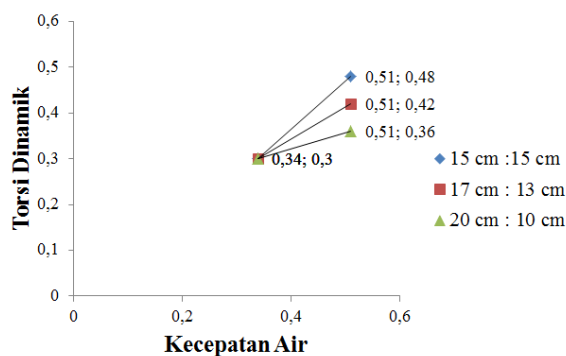
Pada gambar sketsa pengujian diatas terlihat turbin akan digerakan oleh empat buah pompa yang

mensirkulasikan air didalam *water tunnel*. Saluran air masuk V_1 yang berasal dari pompa akan memutar turbin yang tersambung dengan *pulley* yang digunakan untuk meneruskan gaya putar pada turbin dan neraca pegas *dynamometer newton* untuk mengukur gaya sentrifugal (gaya gerak melingkar yang berputar menjauhi pusat lingkaran) pada turbin, kemudian saluran keluar V_2 akan mengalir membentuk air terjun melewati *v-notch* yang berada pada *water tunnel* menuju bak penampungan kecil untuk disirkulasikan menggunakan empat buah pompa menuju *water tunnel* kembali.

Pada pegujian ini ketika turbin berputar akan diberikan gaya sentrifugal dengan mengerem *pulley* menggunakan sebuah tali yang tersambung dengan katrol dan neraca pegas. Dari gaya sentrifugal ini dapat diketahui nilai torsi statik dan torsi dinamik nya. Torsi statik merupakan torsi minimal yang diperlukan agar poros turbin Savonius mulai berputar dari kondisi diamnya, sedangkan torsi dinamik merupakan besar torsi yang dihasilkan sampai poros berhenti berputar.

3. Data Hasil Pengujian

Berikut ini adalah hasil pengujian dan pengolahan data torsi dinamik dan torsi statik dari pengujian yang telah dilakukan. Grafik Perbandingan Variasi Kecepatan Air dengan Torsi Dinamik dapat dilihat pada gambar 7.

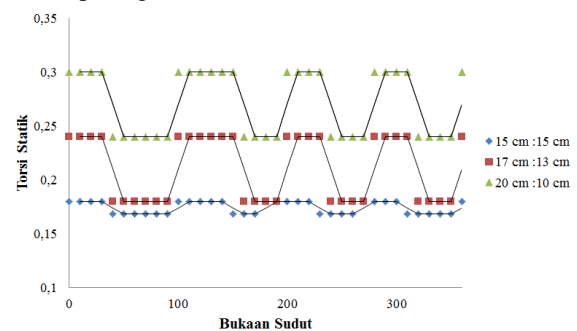


Gambar 7. Grafik Perbandingan Variasi Kecepatan Air dengan Torsi Dinamik

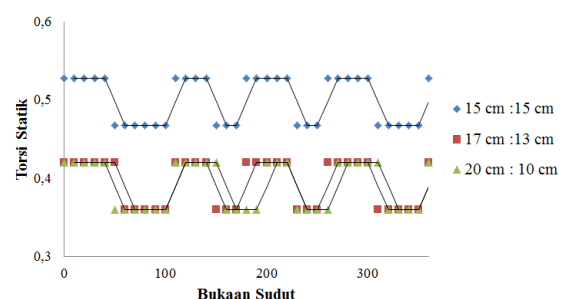
Dari hasil penelitian pengujian hidrokinetik turbin Savonius *type bach* tiga sudu dua tingkat dengan variasi kecepatan aliran air 0,34 m/s dan 0,51 m/s telah diketahui kinerja turbin berupa torsi statik dan torsi dinamik. Perbandingan nilai torsi dinamik turbin pada tingkat pertama dan kedua dengan variasi tinggi *blade* 15 cm : 15 cm, 17 cm : 13 cm dan 20 cm : 10 cm dengan kecepatan 0,51 m/s menghasilkan torsi berturut-turut adalah 0,48 Nm, 0,42 Nm serta yang terkecil pada 0,36 Nm. Hal ini disebabkan karena pada turbin dengan variasi tinggi *blade* 15 cm : 15 cm memiliki keseimbangan antara tingkat pertama dan

kedua. Pada turbin dengan variasi tinggi *blade* 17 cm : 13 cm mengalami ketidakseimbangan pada saat berputar (tidak stabil) sehingga mengakibatkan penurunan performa turbin dan begitu pula pada variasi turbin yang ketiga. Sedangkan pada kecepatan yang pertama yaitu 0,34 m/s konstan pada 0,3 Nm, tidak terlalu menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini dikarenakan putaran masih stabil. semakin besar kecepatan aliran air maka semakin besar torsi dinamik yang dihasilkan serta perbandingan variasi tinggi *blade* juga berpengaruh pada keseimbangan turbin itu sendiri. Namun hasil dari variasi yang dilakukan dapat menunjukkan perbedaan torsi dinamik, dimana hasil yang paling efektif adalah variasi turbin pada 15 cm : 15 cm dengan torsi 0,48 Nm.

Perbandingan Variasi Sudut Azimuth Terhadap Torsi Statik kecepatan 0,34 m/s dan 0,51 m/s dapat dilihat pada gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Perbandingan Variasi Sudut Azimuth Terhadap Torsi Statik $v = 0.34$ m/s.



Gambar 9. Perbandingan Variasi Sudut Azimuth Terhadap Torsi Statik $v = 51$ m/s.

Data pengujian torsi statik pada variasi kecepatan aliran air pertama sebesar $V = 0,34$ m/s diperoleh torsi statik yang terbesar dari variasi tinggi *blade* 15 cm : 15 cm, 17 cm : 13 cm dan 20 cm : 10 cm adalah sebesar 0,18 Nm, 0,24 Nm dan 0,3 Nm. Untuk pengujian torsi statik variasi kecepatan aliran kedua 0,51 m/s menghasilkan torsi statik terbesar variasi tinggi *blade* 15 cm : 15 cm, 17 cm : 13 cm dan 20 cm : 10 cm turbin sebesar 0,528 Nm, 0,42 Nm dan 0,42 Nm. Torsi statik tersebut bertahan dari sudut Azimuth

00 – 400 dan pada 500 – 1000 akan turun pada kecepatan 0.34 m/s menjadi 0.168 Nm, 0.18 m/s dan 0.24 m/s. sedangkan pada kecepatan 0.51 m/s menjadi 0.468 Nm, 0.36 Nm dan 0.36 Nm. Hal ini dikarenakan pada sudut Azimuth 00 – 400 posisi sudu yang optimal untuk menyerap aliran air sedangkan pada sudut Azimuth 500 – 1000 posisi sudu yang kurang optimal untuk menyerap aliran air.

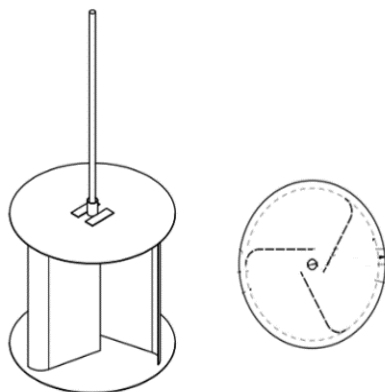
Dari hasil data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa dari dua variasi kecepatan aliran air pada pengujian menunjukkan peningkatan nilai torsi statik dan torsi dinamik pada variasi kecepatan aliran air kedua 0,51 m/s.

4. Perbandingan Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan bersamaan dengan penelitian yang telah dilakukan Burhan hafied dan mengacu pada penelitian oleh N.K.Sarma dkk sebagai referensi. Penelitian ini akan dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Burhan Hafied. Perbandingan hasil penelitian akan disajikan pada grafik

Dimensi dari rotor turbin yang di teliti adalah sebagai berikut :

- Kaji Eksperimental Torsi Statik Dan Torsi Dinamik Hidrokinetik Turbin Savonius *Single Stage Type bach* Tiga Sudu.

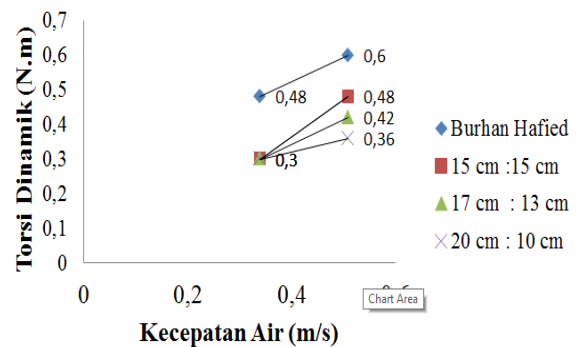


Gambar 10. Turbin Savonius *Single Stage Type bach* Tiga Sudu

Bahan *blade* : Aluminium
 Lebar *blade* : 150 mm
 Tinggi *blade* : 300 mm
 diameter *end plate* : 330 mm
 Tebal : 1 mm

Grafik perbandingan hasil pengujian dan perhitungan pada penelitian masing-masing akan ditampilkan dibawah ini :

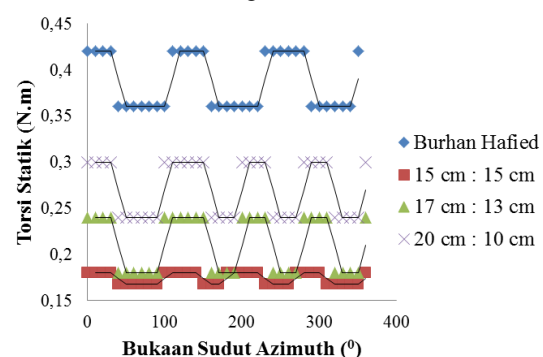
- Grafik Perbandingan Torsi Dinamik



Gambar 11. Grafik Perbandingan Hasil Penelitian Pengujian Torsi Dinamik Vs Kecepatan Air

Pada hasil penelitian oleh Burhan Hafied terhadap turbin Savonius *Type bach Single Stage* tiga sudu dengan variasi kecepatan aliran air yang digunakan sama dengan penelitian yang penulis yaitu sebesar 0,34 m/s dan 0.51 m/s. Pada kecepatan air 0.34 m/s penelitian Burhan Hafied menghasilkan torsi dinamik sebesar 0.48 Nm. Hasil penelitian eksperimen yang dilakukan penulis terhadap turbin Savonius *type bach* tiga sudu dua tingkat dengan variasi 15 cm : 15 cm, 17 cm : 13 cm dan 20 cm : 10 cm kecepatan aliran air sebesar 0,34 m/s menghasilkan torsi dinamik sebesar 0.3 Nm. Pada kecepatan air 0.51 m/s penelitian Burhan Hafied menghasilkan torsi dinamik sebesar 0.6 Nm. Sedangkan hasil penelitian eksperimen yang dilakukan penulis terhadap turbin Savonius *type bach* tiga sudu dua tingkat dengan variasi 15 cm : 15 cm, 17 cm : 13 cm dan 20 cm : 10 cm kecepatan aliran air sebesar 0,51 m/s menghasilkan torsi dinamik sebesar 0.48 Nm, 0.42 Nm dan 0.36 Nm.

- Grafik Perbandingan Torsi Statik



Gambar 12. Grafik Perbandingan Hasil Penelitian Pengujian Torsi Statik Vs Bukaan Sudut Azimuth

Burhan Hafied melakukan pengujian torsi statik dengan variasi kecepatan aliran air sama dengan kecepatan yang penulis lakukan. Pengujian torsi statik dilakukan dengan variasi sudut Azimuth sebesar 10°,

pengujian dilakukan dengan kenaikan sudut Azimuth sebesar 10° sampai sudut 360°.

Hasil pengujian torsi statik pada penelitian yang dilakukan pada eksperimen memiliki nilai torsi statik yang lebih kecil dari penelitian yang dilakukan Burhan Hafied dengan pengujian turbin pada variasi kecepatan aliran air yang sama. Hal ini dapat dipengaruhi oleh massa dari turbin yang lebih besar serta variasi tinggi *blade* mengakibatkan ketidakseimbangan turbin pada saat berputar.

5. Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada kecepatan aliran air 0,34 m/s dan 0,51 m/s dengan menggunakan variasi tinggi *blade* 15 cm : 15 cm, 17 cm : 13 cm dan 20 cm : 10 cm dapat disimpulkan bahwa

1. Turbin hidrokinetik Savonius pada variasi tinggi *blade* 15 cm : 15 cm memiliki torsi dinamik dan torsi statik lebih optimal pada pengujian yang penulis lakukan.
2. Dari penelitian yang dilakukan oleh penulis menghasilkan torsi statik dan torsi dinamik lebih kecil dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Burhan Hafied.
3. Pada pengujian turbin hidrokinetik Savonius tiga sudu dua tingkat yang dilakukan oleh penulis memiliki keseimbangan yang kurang baik saat menerima aliran air dibandingkan dengan turbin hidrokinetik Savonius satu tingkat.

Daftar Pustaka

- Sukanta Roy, Ujjwal K. Saha. 2014.” *An Adapted Blockage Factor Correlation Approach In Wind Tunnel Experiments Of A Savonius-Style Wind Turbine.*” *Energi Conversion and Management* 86 (2014) 418–427 Elsevier,2014
- U.K. Saha, M. Jaya Rajkumar. 2005.” *On The Performance Analysis Of Savonius Rotor With Twisted Blades.*” *Renewable Energi* 31 (2006) 1776–1788 Elsevier,2005
- Lubis, Yuningsih, ”Preliminary Research of Using Ocean Currents and Wind Energy to Support Lighthouse in small island, Indonesia,” Conference and Exhibition Indonesia Renewable Energy & Energy Conservation.2013
- L.D.Marizka. 2010. Analisis Kinerja Turbin Hidrokinetika Poros Vertical Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin.”Tugas Akhir Sains Fisika. FMIPA-Universitas Sebelas Maret.
- N,K Sarma. 2014. “*Experimental And Computational Evaluation Of Savonius Hydrokinetic Turbine For Low Velocity Conditions With Comparison Savonius Wind Turbine At The Same Input*

Power”. *Journal Of Conversion And Management*. Elsevier.

Sukanta, Roy and Ujjwal, K Saha 2015. “*Wind tunnel experiments of a newly developed two-bladed Savonius-style wind turbine*”. *Journal Applied Energi*. Elsevier.